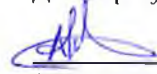


УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

  
(подпись) Юнаков Л. П.  
ФИО  
« 31 » 05 20 22

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОСМИЧЕСКИХ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

|  |   |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки       | 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов             |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Пусковые устройства, транспортно-установочное оборудование и средства обслуживания стартовых комплексов |
| Уровень высшего образования                | Специалитет   |
| Форма обучения                             | Очная   |
| Факультет                                  | А Ракетно-космической техники   |
| Выпускающая кафедра                        | А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ  |
| Кафедра-разработчик рабочей программы      | А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ  |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ<br>(ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) |                    |        |                           |                         |                        |                 |                 |                               | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО<br>КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
|      |         |   | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ              | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ |        |                           |                         | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА |                 |                 |                               |                                |
|      |         |   |                                 | ВСЕГО              | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ<br>ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ<br>ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО                  | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ<br>САМОСТ. РАБОТЫ |                                |
| 5    | 9       | 4                                       | 144                             | 51                 | 0      | 17                        | 34                      | 93                     | 0               | 0               | 93                            | ЭКЗ.                           |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

год набора группы: 2022

Программу составили:

Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Зюзликов Валерий Петрович, к.т.н., доцент



Кафедра А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Синильщиков Валерий Борисович, к.т.н., доцент



Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс

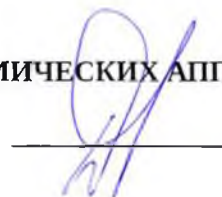


Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Долбенков В.Г., к.т.н., снс



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОСМИЧЕСКИХ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-10 — способность разрабатывать средства защиты ракеты, стартового оборудования и обслуживающего персонала от высокоинтенсивного внешнего воздействия, природных факторов и техногенных катастроф

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-10**

*знания:*

- на уровне представлений – знать основные понятия и методологию теории надежности;
- на уровне воспроизведения – знать методы анализа, расчета параметров и методы испытаний надежности космических стартовых комплексов и их элементов;
- на уровне понимания – определение надежности вариантов элементов космических стартовых комплексов и их элементов по результатам расчетно-теоретических и экспериментальных работ;

*умения:*

- теоретические: классифицировать причины отказов оборудования КСК;
- практические: определять показатели надежности и проектировать надежность создаваемых КСК;

*навыки:*

- применение методов организация и проведения испытаний элементов КСК на надежность;
- владение методикой и математико-статистическим аппаратом для выявления существенных факторов, влияющих на характеристики надежности элементов и подсистем КСК;
- прогнозирование показателей надежности элементов и подсистем проектируемых КСК.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОСМИЧЕСКИХ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ОСНОВЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКАМИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ, МАТЕМАТИКА 6: ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА, ПРОГРАММИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATLAB.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-4 — Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения ракетостроения и космонавтики, способы их применения в профессиональном контексте
- ПСК-04 — способность проводить математическое моделирование разрабатываемого изделия и его подсистем для прогнозирования функционирования, оптимизации, ожидаемых рисков и возможных отказов
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
- УК-2 — Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
- УК-8 — Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
- УК-9 — Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС                | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц   | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме |                        |                      | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % |
|---------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|
|                     |         |  |       | ВСЕГО                                 | Лабораторный практикум | Практические занятия |                                  | ПСК-10                     |
| 5                   | 9       | <b>Раздел 1. Безопасность.</b> Раздел 1. Безопасность. 1.1. Основные определения. 1.2. Принципы обеспечения безопасности. 1.3. Причины возникновения опасных ситуаций. 1.4. Система безопасности (меры правила, нормы безопасности и техника безопасности). 1.5. Вредные и опасные факторы, определяющие параметры опасных факторов, факторы опасности. 1.6. Обеспечение безопасности КСК на этапе проектирования. 1.7. Количественная оценка безопасности.  | 14    | 4                                     | 0                      | 4                    | 10                               | 15                         |
| 5                   | 9       | <b>Раздел 2. Надежность: термины и определения.</b> 2.1. Свойства надежности. 2.2. Состояния технического объекта. 2.3. Нормативно-техническая и конструкторская документация. 2.4. Отказы, классификация отказов.   | 9     | 4                                     | 0                      | 4                    | 5                                | 15                         |
| 5                   | 9       | <b>Раздел 3. Показатели надежности.</b> 3.1. Перечень показателей. 3.2. Статистические показатели надежности. 3.3. Точность и надежность оценок показателей надежности.  | 14    | 4                                     | 0                      | 4                    | 10                               | 15                         |
| 5                   | 9       | <b>Раздел 4. Вероятности событий, связанных с надежностью.</b> 4.1. Полная группа, несовместимые, противоположные, независимые события. 4.2. Правила сложения и умножения вероятностей. Формула полной вероятности. 4.3. Биноминальное, Пуассона, гипергеометрическое, геометрическое, экспоненциальное, усеченное нормальное распределения. Распределение Вейбулла. Производящая функция.   | 23    | 8                                     | 4                      | 4                    | 15                               | 15                         |
| 5                   | 9       | <b>Раздел 5. Расчет показателей надежности элементов КСК.</b> 5.1. Расчет безотказности восстанавливаемых элементов при внезапных отказах. 5.2. Расчет безотказности при одновременном действии внезапных и постепенных отказов. 5.3. Расчет безотказности при случайной длительности выполняемой работы. 5.4. Расчет безотказности восстанавливаемых элементов с мгновенным восстановлением. 5.5. Расчет показателей ремонтопригодности. 5.6. Расчет безотказности восстанавливаемых элементов с конечным временем восстановления. 5.7. Расчет показателей долговечности и сохраняемости, функция долговечности. 5.8. Коэффициент и функция готовности. | 23    | 9                                     | 5                      | 4                    | 14                               | 10                         |
| 5                   | 9       | <b>Раздел 6. Физические методы расчета надежности КСК.</b> 6.1. Общий подход. 6.2. Расчет вероятности безотказной работы заданным критериям. 6.3. Обеспечение надежности на этапах жизненного цикла. 6.4. Расчет номенклатуры и количественного состава ЗИП. 6.5. Испытания на надежность. 6.6. Программа обеспечения надежности.  | 23    | 8                                     | 4                      | 4                    | 15                               | 10                         |
| 5                   | 9       | <b>Раздел 7. Расчет надежности систем КСК.</b> 7.1. Классификация способов резервирования. 7.2. Правила составления структурной схемы надежности элементов КСК. 7.3. Расчет показателей безотказности при последовательном, параллельном, последовательно-параллельном соединении, частичном резервировании. 7.4. Расчет показателей безотказности при резервировании замещением, последовательном соединении восстанавливаемых элементов.   | 23    | 8                                     | 4                      | 4                    | 15                               | 10                         |
| 5                   | 9       | <b>Раздел 8. Распределение нормируемых показателей надежности.</b> 8.1. Равномерное распределение. 8.2. Неравномерное распределение. 8.3. Распределение с учетом уязвимости элементов.   | 15    | 6                                     | 0                      | 6                    | 9                                | 10                         |
| Всего за 9 семестр  |         |  | 144   | 51                                    | 17                     | 34                   | 93                               | 100                        |
| Всего по дисциплине |         |  | 144   | 51                                    | 17                     | 34                   | 93                               | 100                        |

#### 3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины      | Тема практического занятия  | Объем, ауд. часов |
|-------|--|---|-------------------|
| 1     | Раздел 1. Безопасность.                      | Основные определения. Принципы обеспечения безопасности. Система безопасности (меры правила, нормы безопасности и техника безопасности). Обеспечение безопасности на этапе проектирования. Количественная оценка безопасности                                       | 4                 |
| 2     | Раздел 2. Надежность: термины и определения. | Свойства надежности. Состояния технического объекта. Отказы, классификация отказов.   | 4                 |
| 3     | Раздел 3. Показатели надежности.             | Правила сложения и умножения вероятностей. Формула полной вероятности, апостериорная вероятность. Биноминальное, Пуассона, гипергеометрическое, геометрическое, экспоненциальное, усеченное нормальное распределения. Распределение Вейбулла. Производящая функция. | 4                 |
| 4     | Раздел 4. Вероятности событий,               | Правила сложения и умножения вероятностей. Формула полной вероятности, апостериорная вероятность. Биноминальное, Пуассона, гипергеометрическое, геометрическое, экспоненциальное, усеченное   | 4                 |

|                           |   |  |           |
|---------------------------|---|--|-----------|
|                           | связанных с надежностью.                                    | нормальное распределения. Распределение Вейбулла. Производящая функция   |           |
| 5                         | Раздел 5. Расчет показателей надежности элементов КСК.      | Общий подход. Расчет вероятности безотказной работы. Обеспечение надежности на этапах жизненного цикла КСК. Расчет номенклатуры и количественного состава ЗИП КСК. Испытания на надежность.  | 4         |
| 6                         | Раздел 6. Физические методы расчета надежности КСК.         | Правила составления структурной схемы надежности. Расчет показателей безотказности при последовательном, параллельном, последовательно-параллельном соединении, частичном резервировании. Расчет показателей безотказности при резервировании замещением, последовательном соединении восстанавливаемых элементов.               | 4         |
| 7                         | Раздел 7. Расчет надежности систем КСК.                     | Правила составления структурной схемы надежности элементов КСК. Расчет показателей безотказности при последовательном, параллельном, последовательно-параллельном соединении, частичном резервировании. Расчет показателей безотказности при резервировании замещением, последовательном соединении восстанавливаемых элементов. | 4         |
| 8                         | Раздел 8. Распределение нормируемых показателей надежности. | Равномерное распределение. Неравномерное распределение   | 6         |
| <b>Всего за 9 семестр</b> |   |  | <b>34</b> |

### 3.3. Лабораторный практикум

| № п/п                     | Номер и наименование раздела дисциплины                 | Тема лабораторного практикума  | Объем, ауд. часов |
|---------------------------|---|--|-------------------|
| 1                         | Раздел 4. Вероятности событий, связанных с надежностью. | Показатели надежности для Пуассоновского распределения отказов элементов. Показатели надежности при других потоках отказов элементов | 4                 |
| 2                         | Раздел 5. Расчет показателей надежности элементов КСК.  | Расчет показателей надежности простых невосстанавливаемых и восстанавливаемых объектов   | 5                 |
| 3                         | Раздел 6. Физические методы расчета надежности КСК.     | Расчет комплекта запасных частей, инструментов и приспособлений  | 4                 |
| 4                         | Раздел 7. Расчет надежности систем КСК.                 | Расчет показателей надежности резервированных систем   | 4                 |
| <b>Всего за 9 семестр</b> |   |  | <b>17</b>         |

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины                 | Содержание учебного задания  | Объем, часов |
|-------|---|--|--------------|
| 1     | Раздел 1. Безопасность.                                 | Подготовка к аудиторному практикуму. Самостоятельное изучение дидактических единиц 1.2, 1.3 и 1.5 по учебной литературе.                             | 10           |
| 2     | Раздел 2. Надежность: термины и определения.            | Подготовка к аудиторному практикуму. Самостоятельное изучение дидактической единицы 2.3 по учебной литературе  | 5            |
| 3     | Раздел 3. Показатели надежности.                        | Повторение ранее изученного материала. Подготовка к аудиторному практикуму.  | 10           |
| 4     | Раздел 4. Вероятности событий, связанных с надежностью. | Повторение ранее изученного материала. Подготовка к аудиторному практикуму. Самостоятельное изучение дидактических единиц 4.1 по учебной литературе. | 11           |
| 5     |   | Подготовка к лабораторной работе №1  | 4            |

|                           |   |   |           |
|---------------------------|---|---|-----------|
| 6                         | Раздел 5. Расчет показателей надежности элементов КСК.      | Подготовка к аудиторному практикуму. Самостоятельное изучение дидактических единиц 5.7-5.8 по учебной литературе.                                   | 11        |
| 7                         |   | Подготовка к лабораторной работе №2   | 3         |
| 8                         |   | Подготовка к лабораторной работе №3   | 3         |
| 9                         | Раздел 6. Физические методы расчета надежности КСК.         | Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение дидактических единиц 6.6 по учебной литературе | 12        |
| 10                        | Раздел 7. Расчет надежности систем                          | Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение дидактических единиц 7.1 по учебной литературе.                                     | 12        |
| 11                        | КСК.  | Подготовка к лабораторной работе №4   | 3         |
| 12                        | Раздел 8. Распределение нормируемых показателей надежности. | Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение дидактических единиц 8.3 по учебной литературе | 9         |
| <b>Всего за 9 семестр</b> |   |   | <b>93</b> |

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА |   |   |    |   |    |   |            |   |    |            |    |    |            |    |    |           |
|---------|-----------------|---|---|----|---|----|---|------------|---|----|------------|----|----|------------|----|----|-----------|
|         | 1               | 2 | 3 | 4  | 5 | 6  | 7 | 8          | 9 | 10 | 11         | 12 | 13 | 14         | 15 | 16 | 17        |
| 9       |                 |   |   | КВ |   | ДР |   | Отч. по ЛР |   | ДР | Отч. по ЛР |    |    | Отч. по ЛР |    | ДР | Вопр. Экз |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КВ – контрольные вопросы;
- Отч. по ЛР – отчет по ЛР;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Васильев. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юрайт, 2017, эл. рес.
2. А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. . Надежность технических систем и техногенный риск . Новосибирск: НГТУ, 2016, эл. рес.
3. В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надёжность организационно-технических систем и их элементов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
4. В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надёжность организационно-технических систем и их элементов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, 167 экз.
5. Е. Ф. Березкин. . Надежность и техническая диагностика систем. Санкт-Петербург: Лань, 2019, эл. рес.
6. Н. И. Сидняев. . Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Юрайт, 2022, эл. рес.
7. Ю. М. Зубарев. . Математические основы управления качеством и надежностью изделий. Санкт-Петербург: Лань, 2021, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1;
2. Microsoft Windows;
3. Microsoft Office.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Практические занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

1. Matlab 2015a SP1;
2. Microsoft Windows;
3. Microsoft Office.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина **НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОСМИЧЕСКИХ СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А4 СТАРТОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАКЕТ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-10 способность разрабатывать средства защиты ракеты, стартового оборудования и обслуживающего персонала от высокоинтенсивного внешнего воздействия, природных факторов и техногенных катастроф.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с оценкой надежности элементов космических стартовых комплексов, организацией и проведением испытаний на надежность, методов обеспечения надежности.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по ЛР;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**34 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы  | Рекомендуемая литература   | Трудоемкость, час. |
|--|--|--------------------|
| <b>Раздел 1. Безопасность.</b>   |  |                    |
| Подготовка к аудиторному практикуму. Самостоятельное изучение дидактических единиц 1.2, 1.3 и 1.5 по учебной литературе. | А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. . Надежность технических систем и техногенный риск : Новосибирск: НГТУ, 2016 (1)<br>В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надежность организационно-технических систем и их элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1)<br>В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надежность организационно-технических систем и их элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1) | 10                 |
| Итого по разделу 1   |  | 10                 |
| <b>Раздел 2. Надежность: термины и определения.</b>  |  |                    |
| Подготовка к аудиторному практикуму. Самостоятельное изучение дидактической единицы 2.3 по учебной литературе            | Е. Ф. Березкин. . Надежность и техническая диагностика систем: Санкт-Петербург: Лань, 2019 (1)<br>В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надежность организационно-технических систем и их элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1)<br>В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надежность организационно-технических систем и их элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (1)                   | 5                  |
| Итого по разделу 2   |  | 5                  |
| <b>Раздел 3. Показатели надежности.</b>  |  |                    |
| Повторение ранее изученного материала. Подготовка к аудиторному практикуму.  | Е. Ф. Березкин. . Надежность и техническая диагностика систем: Санкт-Петербург: Лань, 2019 (2)   | 10                 |
| Итого по разделу 3   |  | 10                 |
| <b>Раздел 4. Вероятности событий, связанных с надежностью.</b>   |  |                    |
| Повторение ранее изученного материала. Подготовка к аудиторному практикуму. Самостоятельное изучение                     | В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надежность организационно-технических систем и их элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова,  | 11                 |

|   |  |    |
|---|--|----|
| дидактических единицы 4.1 по учебной литературе.  | 2011 (2)<br>В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надёжность организационно-технических систем и их элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (2)   |    |
| Подготовка к лабораторной работе №1   |  | 4  |
| Итого по разделу 4  |  | 15 |
| <b>Раздел 5. Расчет показателей надежности элементов КСК.</b>   |  |    |
| Подготовка к аудиторному практикуму. Самостоятельное изучение дидактических единиц 5.7-5.8 по учебной литературе.                                   | Ю. М. Зубарев. . Математические основы управления качеством и надежностью изделий: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (4)<br>А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. . Надежность технических систем и техногенный риск : Новосибирск: НГТУ, 2016 (3)   | 11 |
| Подготовка к лабораторной работе №2   |  | 3  |
| Итого по разделу 5  |  | 14 |
| <b>Раздел 6. Физические методы расчета надежности КСК.</b>  |  |    |
| Подготовка к лабораторной работе №3   | А. В. Гуськов, К. Е. Милевский. . Надежность технических систем и техногенный риск : Новосибирск: НГТУ, 2016 (5)   | 3  |
| Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение дидактических единиц 6.6 по учебной литературе | Ю. М. Зубарев. . Математические основы управления качеством и надежностью изделий: Санкт-Петербург: Лань, 2021 (3)   | 12 |
| Итого по разделу 6  |  | 15 |
| <b>Раздел 7. Расчет надежности систем КСК.</b>  |  |    |
| Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение дидактических единиц 7.1 по учебной литературе.                                     | В. А. Керножицкий, В. А. Санников, И. А. Ледовой. . Надёжность организационно-технических систем и их элементов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (4)<br>Е. Ф. Березкин. . Надежность и техническая диагностика систем: Санкт-Петербург: Лань, 2019 (7)             | 12 |
| Подготовка к лабораторной работе №4   |  | 3  |
| Итого по разделу 7  |  | 15 |
| <b>Раздел 8. Распределение нормируемых показателей надежности.</b>  |  |    |
| Подготовка к аудиторному практикуму. Повторение ранее изученного материала. Самостоятельное изучение дидактических единиц 8.3 по учебной литературе | Н. И. Сидняев. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (7)<br>Н. И. Сидняев. . Теория вероятностей и математическая статистика: Москва: Юрайт, 2022 (7)<br>А. А. Васильев. Теория вероятностей и математическая статистика: М.: Юрайт, 2017 (5) | 9  |
| Итого по разделу 8  |  | 9  |

## **ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- контрольные вопросы;
- вопросы к экзамену;
- отчет по ЛР;
- экзамен.

### **Критерии оценивания**

#### **Диагностическая работа**

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### **Контрольные вопросы**

Контроль усвоения учебного материала разделов 1-5 проводится в форме ответов на контрольные вопросы.

Каждому студенту задается один вопрос по базовым понятиям курса или основным закономерностям. Ответ должен быть дан без подготовки.

Опрос считается успешно пройденным, если студент дал верное по смыслу определение понятия; правильно записал формулу и перечислил входящие в нее величины.

Перечень контрольных вопросов представлен в УМК дисциплины.

#### **Вопросы к экзамену**

1. Безопасность. Основные определения.
2. Опасности аварий РКТ и их последствия.
3. Основные источники аварий и катастроф РКТ.
4. Понятие риска, связь с понятиями безопасность, надежность.
5. Нормы проектирования, изготовления и эксплуатации по безопасности функционально опасных систем.
6. Понятие надежности КСК, основные свойства надежности.
7. Виды состояний объектов.
8. Понятия: дефекты, повреждения, виды отказов.
9. Показатели надежности элементов КСК.
10. Комплексные показатели надежности.
11. Модели распределений, используемых в теории надежности.
12. Математические зависимости для оценки надежности.
13. Теорема сложения вероятностей и умножения вероятностей. Формула полной вероятности.
14. Расчет надежности систем при внезапных отказах.
15. Расчет надежности систем при постепенных отказах.
16. Расчет надежности систем при одновременной действии внезапных и постепенных отказов.
17. Показатели надежности невосстанавливаемого элемента.
18. Показатели надежности восстанавливаемого элемента.
19. Выбор и обоснование показателей надежности технических систем.
20. Распределение нормируемых показателей надежности.
21. Расчет показателей надежности элементов КСК.
22. Структурная схема надежности элементов КСК с последовательным соединением элементов.
23. Структурные схемы надежности элементов КСК с параллельным соединением элементов.
24. Структурные схемы надежности элементов КСК с другими видами соединения элементов.
25. Методы повышающие надежность сложных технических систем.
26. Резервирование. Виды.
27. Проектный расчет надежности элементов КСК.
28. Испытания на надежность.

#### **Отчет по ЛР**

Лабораторные работы выполняются на компьютере в пакете Matlab.  
По результатам выполненной лабораторной работы студент представляет отчет в бумажном виде.  
Студент допускается к защите, если искомые величины определены правильно с погрешностью не более 1%. Защита проходит в форме ответов на вопросы преподавателя на 3 вопроса.  
Лабораторная работа считается защищенной при правильных ответах не менее, чем на 2 вопроса.

Примеры вопросов:

Лабораторная работа №1

- 1) Взаимосвязь между основными показателями надёжности?
- 2) Какой основной закон надёжности?
- 3) Частные случаи использования основного закона?
- 4) Какие существуют показатели надёжности при экспоненциальном законе распределения отказов?

Лабораторная работа №2.

- 1). Количественные характеристики надёжности не восстанавливаемых объектов.
- 2). Количественные характеристики надёжности восстанавливаемых объектов.
- 3) Расчет надёжности систем с учетом восстановлений.
- 4) Расчет надёжности при постепенных отказах.
- 5) Расчет надёжности при внезапных отказах.

Лабораторная работа №3.

- 1) Что такое ЗИП?
- 2) От чего зависит количество запасных частей?
- 3) Какие существуют методы расчета ЗИП?
- 4) Назовите исходные данные для расчета?

Лабораторная работа №4.

- 1) Назовите основные виды резервирования?
- 2) Перечислить и пояснить основные расчетные формулы показателей надёжности при постоянном общем резервировании?
- 3) Расчет надёжности при раздельном резервировании.

### **Экзамен**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.  
Студент допускается к экзамену при условии защищенных лабораторных работ и правильных ответов на контрольные вопросы.

Экзамен по дисциплине проходит по билетам. В состав билета входят два теоретических вопроса из числа приведенных в пункте "Вопросы к экзамену" .

Оценка выставляется после собеседования со студентом по билету в соответствии со следующими критериями:

- оценка ОТЛИЧНО – полное раскрытие теоретических вопросов, высокий уровень владения материалом;
- оценка ХОРОШО – полное раскрытие теоретических вопросов, средний уровень владения материалом;
- оценка УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – неполное раскрытие теоретических вопросов, средний уровень владения материалом, либо полное раскрытие теоретических вопросов при посредственном владении материалом;
- оценка НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО – в иных случаях.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС                | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц                | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме |                        |                      | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % |  | НАИМЕНОВАНИЕ<br>ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА                  |
|---------------------|---------|---|-------|---------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|--|--|
|                     |         |   |       | ВСЕГО                                 | Лабораторный практикум | Практические занятия |                                  | ПСК-10                     |  |  |
| 5                   | 9       | Раздел 1. Безопасность.                                     | 14    | 4                                     | 0                      | 4                    | 10                               | 15                         |  | Вопросы к экзамену, Контрольные вопросы              |
| 5                   | 9       | Раздел 2. Надежность: термины и определения.                | 9     | 4                                     | 0                      | 4                    | 5                                | 15                         |  | Вопросы к экзамену, Контрольные вопросы              |
| 5                   | 9       | Раздел 3. Показатели надежности.                            | 14    | 4                                     | 0                      | 4                    | 10                               | 15                         |  | Вопросы к экзамену, Контрольные вопросы              |
| 5                   | 9       | Раздел 4. Вероятности событий, связанных с надежностью.     | 23    | 8                                     | 4                      | 4                    | 15                               | 15                         |  | Вопросы к экзамену, Отчет по ЛР, Контрольные вопросы |
| 5                   | 9       | Раздел 5. Расчет показателей надежности элементов КСК.      | 23    | 9                                     | 5                      | 4                    | 14                               | 10                         |  | Вопросы к экзамену, Отчет по ЛР                      |
| 5                   | 9       | Раздел 6. Физические методы расчета надежности КСК.         | 23    | 8                                     | 4                      | 4                    | 15                               | 10                         |  | Вопросы к экзамену, Отчет по ЛР                      |
| 5                   | 9       | Раздел 7. Расчет надежности систем КСК.                     | 23    | 8                                     | 4                      | 4                    | 15                               | 10                         |  | Вопросы к экзамену, Отчет по ЛР                      |
| 5                   | 9       | Раздел 8. Распределение нормируемых показателей надежности. | 15    | 6                                     | 0                      | 6                    | 9                                | 10                         |  | Вопросы к экзамену                                   |
| Всего за 9 семестр  |         |   | 144   | 51                                    | 17                     | 34                   | 93                               | 100                        |  |  |
| Всего по дисциплине |         |   | 144   | 51                                    | 17                     | 34                   | 93                               | 100                        |  |  |